

博士学位論文内容の要旨

氏 名	ホソカワ ショウ タ 細川 翔太
所 属	人間健康科学研究科 人間健康科学専攻
学 位 の 種 類	博士 (放射線学)
学 位 記 番 号	健博 第 165 号
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	FDG-PET/CT 画質評価の精度向上に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 井上 一雅 委員 教 授 福士 政広 委員 主任研究員 長谷川 純崇(放射線医学総合研究所)

【論文の内容の要旨】

臨床現場では仕様の異なるさまざまなPET装置が使用されており、画質の標準化が課題となっている。本邦においても標準化に取り組むべくガイドラインが作成されているが改善の余地が残されている。物理学的指標は定量的データであり、標準化に不可欠である反面、視覚評価との乖離が問題となる。本研究の目的は、物理学的指標と視覚評価の乖離を生じさせる要因について明確にし、その解決法を示すことである。

臨床画像の評価に用いられる被検者雑音等価計数 ($NEC_{patient}$ 、 $NEC_{density}$) は単一施設の検討において視覚評価と相関が高く、有用な画質評価指標であると報告されている。しかし、複数施設のデータを用いた検討では両者の相関性は低下する。ガイドラインでは、この原因として NEC の算出に固定値の散乱フラクション (SF) を使用していることを挙げている。SF は被写体のサイズに応じて変化する値であるが、実測が困難であるため現状では全ての被写体において同じ割合で散乱同時計数が得られていると仮定して固定値の SF (SF_{fix}) が用いられている。これまで、NEC の計算に SF_{fix} を用いることによる影響については検討されていない。そこで、NEC と視覚評価の乖離を生じさせる要因を SF の違いによる影響を含めて明確にした。

モンテカルロシミュレーションにより PET/CT 装置 4 機種を模擬し、臨床画像データを組み込んで計算を行うことで各撮像位置のカウントを取得した。ただし、1 台の PET 装置から取得した臨床画像を他の 3 台に流用して計算を行った。 SF_{fix} および推定した SF (SF_{sim}) を用いて NEC を算出した。算出した各装置の平均 SF_{sim} は、0.31～0.49 の範囲内であった。 SF_{fix} および SF_{sim} を用いて算出した $NEC_{patient}$ と BMI の相関は-0.62 および-0.76 であり、 $NEC_{density}$ と BMI の相関はそれぞれ-0.84 および-0.86 であった。相関性は僅かに高い結果を示したが、有意な差は認められなかった。一方で、エネルギー分解能の不良な装置ほど視

野外散乱線の影響が大きく、多重散乱の割合が増加する傾向を示した。このことが散乱補正精度の低下、画質の劣化を引き起こし、視覚評価との乖離を生じさせる要因であると考えられた。臨床現場では、性能の大きく異なる PET 装置が稼働しており、カウントデータから算出した NEC のみで比較するのは困難である。そのため、その後の補正法や画像再構成法の違いを含めた再構成後の PET 画像における画質評価指標の確立が望まれる。

再構成後のPET画像を対象として、視覚科学に基づいた顕著性を用いることで微小病変がヒトの目にどのように映っているかを指標に画質評価を試みた。使用するPET画像はシミュレーションによって作成した。線源は30×30 cmのバックグラウンド領域内に4倍の濃度の10 mm φ ホット球を配置した。収集カウント (35,000~3,800,000) および平滑度 (Gaussian filter 0, 2, 4, 6 mm) を変化させて種々のPET画像76枚を用意し、従来の物理学的指標 ($N_{10\text{mm}}$, $Q_{H,10\text{mm}}/N_{10\text{mm}}$) の算出、視覚評価および顕著性を算出し相関性を評価した。視覚評価と $N_{10\text{mm}}$ 、 $Q_{H,10\text{mm}}/N_{10\text{mm}}$ および顕著性の相関性はそれぞれ、-0.91、0.87、および0.89であった。顕著性はカウントが少ない画像に対して強い平滑化、カウントが多い画像に対して弱い平滑化で高い値となった。顕著性は $N_{10\text{mm}}$ に劣らない精度で画質評価が可能であり、カウントと平滑化の関係から視覚評価や一般的な認識と合致していることから正しく信号の視認性を示していると考えられた。微小病変の描出能を向上させるPoint spread function補正など非線形処理の効果を含めた総合的な評価が可能であることから、有用な画質評価指標となると考えられた。

本研究では、NEC と視覚評価の乖離を生じさせる要因を明確にして、その解決法としてヒトの見え方に基づいた顕著性を用いた画質評価を提案した。視覚評価は評価者や評価環境によって結果が影響するが、顕著性を用いることで全ての施設が同じ基準で評価可能となり、加えて、視覚スコアを定量的データとして取得可能であることから、詳細な検討が可能となると期待できる。